

**PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM
PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP
KEKUATAN DAN KEKAKUAN TARIK**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

RIZKA DWI SETYAWAN
D 200 150 034

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KEKUATAN DAN KEKAKUAN TARIK

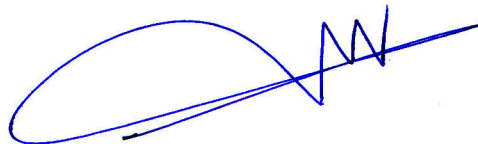
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

RIZKA DWI SETYAWAN
D 200 150 034

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Agung Setyo Darmawan, ST. MT

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM
PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KEKUATAN
DAN KEKAKUAN TARIK**

OLEH

RIZKA DWI SETYAWAN

D200150034

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jumat, 28 Juni 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan



Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

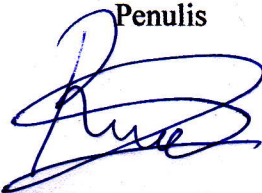
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 29 Juni 2019

Penulis



RIZKA DWI SETYAWAN
D200150034

PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KEKUATAN DAN KEKAKUAN TARIK

Abstrak

Perkembangan teknologi yang maju pada saat ini, membutuhkan material-material berkualitas baik, khususnya yang berbahan dasar logam. Sifat-sifat mekanik material logam seperti : kekerasan, keliatan, dan keausan. Untuk memperbaiki sifat material logam diperlukan penambahan unsur paduan pada komposisi material logam. Hal ini mendorong perlunya penelitian. Penelitian ini menggunakan bahan utama besi cor FCD dengan unsur paduan ferro silicon magnesium (FeSiMg). Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh variasi magnesium (Mg) terhadap struktur mikro, kekuatan tarik, kekuatan luluh dan modulus elastisitas. Variasi ferro silicon magnesium (FeSiMg) yang ditambahkan sebanyak 50 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram pada bahan raw material berupa FCD pada ladle 15 kg. Tiap variasinya menghasilkan prosentase magnesium (Mg) spesimen 2, 3, 4, dan 5 secara berturut-turut adalah 0,0307 %, 0,0336 %, 0,0343 % dan 0,0351 %. Dari hasil pengujian struktur mikro menunjukkan semakin banyak unsur magnesium maka butiran grafit yang dihasilkan cenderung semakin seragam dan mengecil, perlit semakin banyak dan ferit semakin sedikit. Dari pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa hasil uji pada spesimen 1 raw material FCD dan spesimen 2, 3, 4, 5 hasil variasi kandungan unsur magnesium menghasilkan nilai Kekuatan dan kekakuan yang meningkat

Kata Kunci : Magnesium, besi cor nodular, pengujian tarik

Abstract

The development of advanced technology at this time requires good quality materials, especially those made from metal. Mechanical properties of metal materials such as: hardness, plasticity and wear. To improve the properties of metal materials, it is necessary to add alloy elements to the composition of metal materials. This encourages the need for research. This study uses the main material FCD cast iron with ferro silicon magnesium alloy elements (FeSiMg). This study aims to find out the effect of variations in magnesium (Mg) on microstructure, tensile strength, yield strength and modulus of elasticity. ferro silicon magnesium (FeSiMg) variations which are added as much as 50 grams, 100 grams, 150 grams, 200 grams in raw material in the form of FCD on ladels 15 kg. Each variation produces a percentage of magnesium (Mg) specimens 2, 3, 4, and 5 respectively 0.0307%, 0.0336%, 0.0343% and 0.0351%. From the results of microstructure testing, the more magnesium elements, the graphite granules produced tend to be more uniform and shrink, more pearlite and less ferrite. From the tensile test it can be concluded that the test results on specimens of 1 raw material FCD and specimens 2, 3, 4, 5 resulting from variations in the elemental content of magnesium produce a value of increased strength and stiffness

Keywords: Magnesium, nodular cast iron, tensile testing

1. PENDAHULUAN

Industri pengecoran logam tumbuh seiring dengan perkembangan teknik dan metode pengecoran serta berbagai model produk cor yang membanjiri pasar domestik. Produk cor banyak dipergunaan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari perabotan rumah tangga, komponen otomotif, pompa air sampai propeller kapal. Permintaan pasar akan produk logam cor yang prospektif dan luas ini kurang diimbangi dengan peningkatan kualitas produk (Slamet & Hidayat, 2010).

Besi cor merupakan paduan besi yang mengandung karbon (C) lebih dari 1,7% dan silikon (Si) sebanyak 1-3%. Unsur lain dapat ditambahkan dengan maksud untuk meningkatkan sifat-sifat seperti kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), atau ketahanan korosi (*corrosion resistance*). Unsur yang umumnya ditambahkan yaitu Cr, Cu, Mo dan Ni. Besi cor memiliki selang temperatur cair yang relatif lebih rendah dari pada baja dan relatif lebih “encer” ketika cair. Sifat mekanis besi cor tergantung pada jenis strukturmikronya, yaitu bentuk dan distribusi elemen-elemen penyusun. Salah satu elemen memiliki pengaruh yang berarti adalah grafit. Jumlah, ukuran, dan bentuk grafit mempengaruhi kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), dan ketangguhan (*toughness*) dari besi cor. Selain grafit matriks juga ikut mempengaruhi sifat mekanis. Matriks besi cor sama dengan yang terdapat pada baja, yaitu ferit, sementit dan perlit (Abdulah, 2008).

Besi cor kelabu merupakan paduan dari besi dan karbon seperti halnya baja. Material ini merupakan salah satu material teknik yang banyak digunakan, hal ini disebabkan oleh kemudahan proses pembuatan, mampu dibuat secara massal, dan biaya proses yang kompetitif, meskipun banyak menawarkan keuntungan, tetapi terdapat beberapa kekurangan yaitu sifat keliatan dan ketangguhan tidak setinggi baja (Surdia, 1999).

Guna memperbaiki sifat mekanisnya besi cor kelabu biasa ditambahkan unsur paduan. Penambahan magnesium (Mg) pada besi cor kelabu (nodularisasi) merupakan cara agar terjadi proses distribusi penyebaran grafit yang berbentuk bulat sehingga memberikan pengaruh terhadap pemusatan tegangan (*stress concentration*) pada saat dikenai beban, sehingga hal ini akan meningkatkan keliatan (*ductility*), kekuatan tarik (*tensile strength*) dan ketahanan korosi (*corrosion resistance*) (Setyo & Widodo, 2008).

Besi cor nodular masuk dalam kelas besi cor, jenis besi cor yang sering digunakan sebagai bahan pengganti baja untuk komponen-komponen seperti mesin pertanian, otomotif, dan konstruksi, hal ini dikarenakan sifat fisik dan mekanik yang dimiliki hampir menyamai sifat-sifat yang dimiliki oleh baja konvensional baik dari segi kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), ketahanan korosi (*corrosion resistance*), keliatan (*ductility*), dan ketangguhan

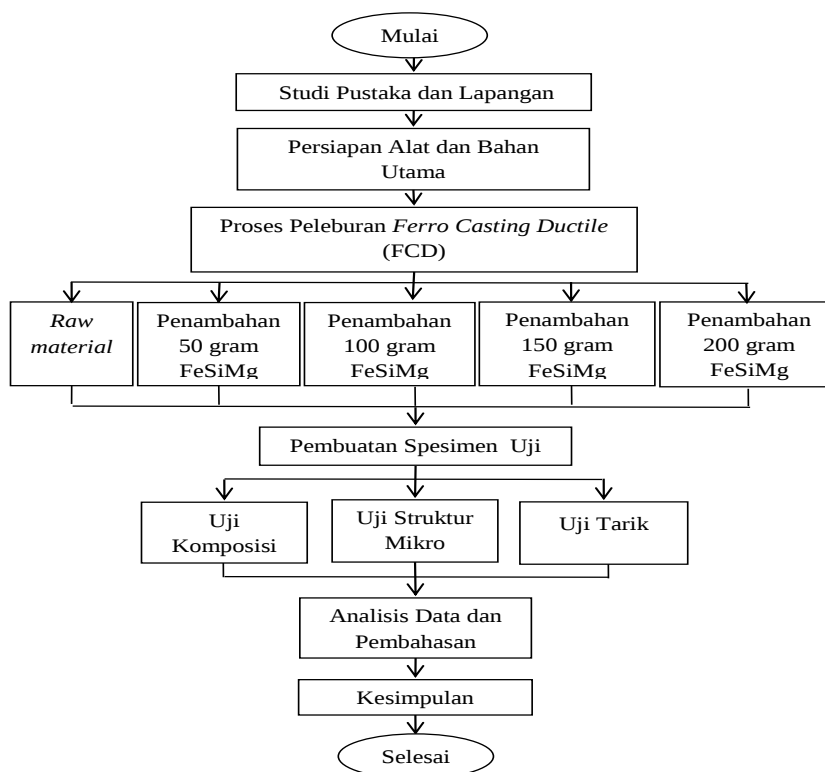
(*toughness*). Besi cor nodular mempunyai keliatan dan ketangguhan yang lebih tinggi dari besi cor kelabu. Sifat utama dari pengecoran besi cor nodular akan sangat dipengaruhi oleh banyak faktor mulai dari waktu pengecoran (*casting time*), temperatur pengecoran (*casting temperature*), dan proses pencampuran cairan logam dengan bahan paduan. Proses nodularisasi (pencampuran paduan Fe-Si-Mg dengan logam cair) merupakan salah satu faktor yang perlu mendapat perhatian dalam pembuatan besi cor nodular agar bisa diperoleh grafit yang baik berbentuk bulat serta distribusinya merata, sehingga hasil pengecoran memiliki kekuatan mekanik yang tinggi (Setyo & Widodo, 2008).

Dari uraian permasalahan di atas maka dilakukan penelitian dengan judul pengaruh variasi kandungan magnesium (Mg) dalam proses pembuatan besi cor nodular terhadap kekuatan dan kekakuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan magnesium terhadap struktur mikro besi cor nodular dan mengetahui pengaruh kandungan magnesium terhadap kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), serta kekakuan (modulus elastisitas) besi cor nodular.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, diagram alir tahapan penelitian diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan besi cor nodular, spesimen benda uji serta pengujian besi cor nodular diperlukan alat dan bahan yang harus dipersiapkan.

2.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan Besi Cor Nodular

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tungku Induksi
2. Ladel
3. Cetakan
4. Timbangan
5. Thermometer
6. *Ferro Casting Ductile* (FCD)
7. Paduan FeSiMg

2.2.2 Alat dan Bahan Pembuatan Spesimen Uji

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

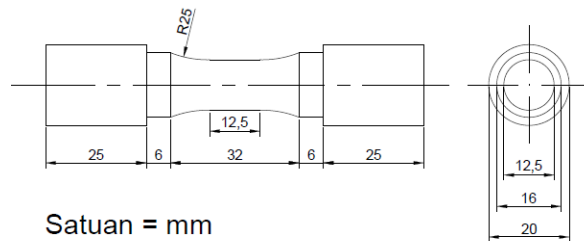
1. Gerinda Potong
2. Milling
3. Bubut
4. Mesin amplas
5. Hair dryer
6. Besi cor nodular dengan variasi kandungan magnesium (Mg) dari hasil pengecoran
7. Autosol
8. Larutan etsa

2.3 Menghitung Nilai Kekuatan dan Kekakuan Tarik

Sifat mekanik suatu material adalah kemampuan material untuk menahan beban-beban yang dikenakan kepadanya. Dimana beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi. Uji tarik adalah salah satu pengujian sifat mekanik suatu material.

Uji Tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Pengujian tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai patah. Batas mulur, kekuatan tarik, perpanjangan, pengecilan luas dan sebagainya diukur pada pengujian kekuatan tarik. Batang uji tarik yang biasanya dipakai berbentuk batang yang bundar, dengan ujung tebal untuk

pemasangan pada mesin tarik. Di tengah batang ukurannya lebih kecil yang merupakan titik putus, seperti yang bisa dilihat pada gambar 2 (ASTM, 2010). Alat uji tarik yang digunakan adalah *Hydrolic Servopulser Shimadzu* dengan tipe SFL-20-350 tahun 1987 dapat dilihat pada gambar 3.

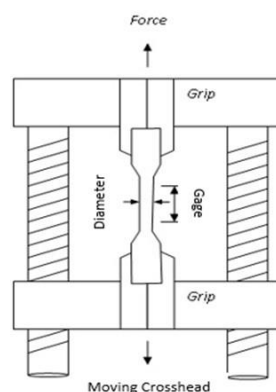


Gambar 2. Dimensi Uji Tarik



Gambar 3. Alat Uji Tarik *Hydrolic Servopulser*

Perhitungan Uji tarik digunakan untuk mencari tegangan , regangan dan modulus elastisitas. Ilustrasi pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi Pengujian Tarik

Berikut merupakan rumus perhitungan yang terdapat dalam uji tarik :

a. Luas Penampang

$$A_0 = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \quad (1)$$

Keterangan :

A_0 = Luas Penampang (mm^2)

π = 3,14

b. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2)$$

Keterangan :

σ = Tegangan (N/mm^2)

F = Beban (N)

A_0 = Luas Penampang (mm^2)

c. Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

Keterangan :

ε = Regangan

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang Awal (mm)

d. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas (N/mm^2)

σ = Tegangan (N/mm^2)

ε = Regangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui prosentase kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam spesimen uji. Pengujian ini dilakukan dengan

menggunakan alat uji komposisi kimia. Hasil uji komposisi kimia pada *raw material* FCD dan besi cor dengan penambahan FeSiMg disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi

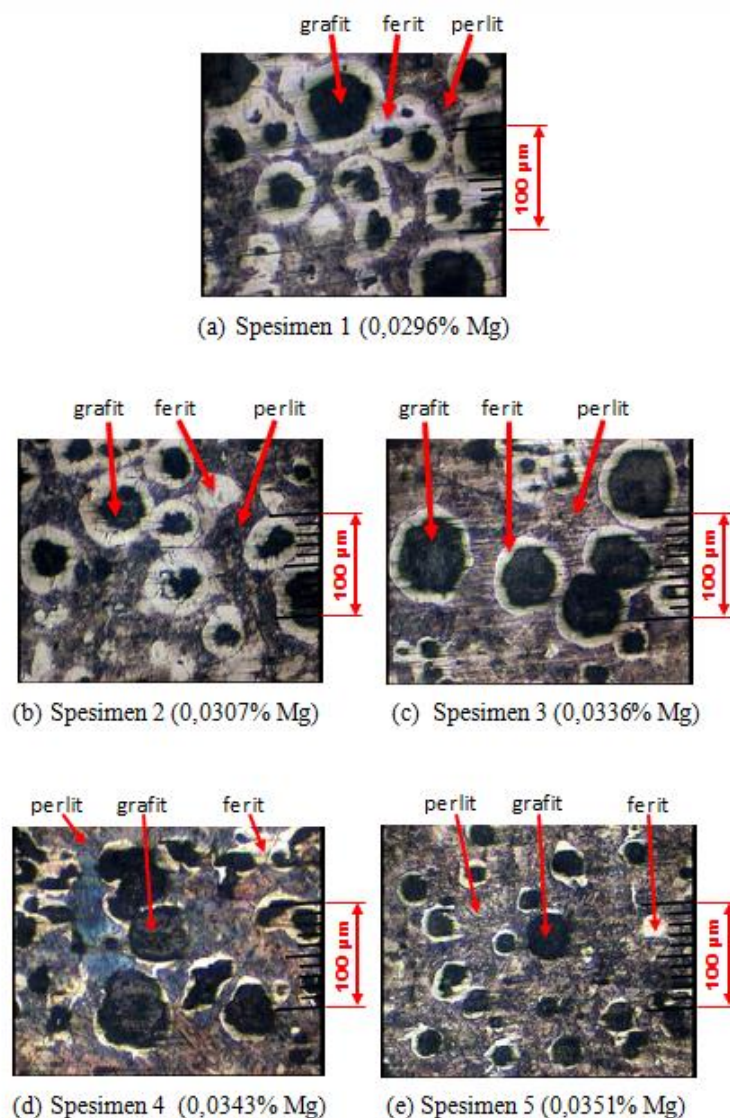
Unsur	Penambahan FeSiMg ke dalam ladle leburan besi cor berkapasitas 15 kg				
	Spesimen 1 (%)	Spesimen 2 (%)	Spesimen 3 (%)	Spesimen 4 (%)	Spesimen 5 (%)
	<i>Raw Material</i>	Penambahan 50 gram	Penambahan 100 gram	Penambahan 150 gram	Penambahan 200 gram
C	3,4599	3,5100	3,5664	3,6422	3,4876
Si	2,6302	2,5997	2,5926	2,6264	2,6449
S	0,0147	0,0132	0,0108	0,0132	0,0105
P	0,0139	0,0177	0,0152	0,0131	0,0163
Mn	0,3459	0,5279	0,5034	0,4430	0,5748
Mg	0,0296	0,0307	0,0336	0,0343	0,0351
Ni	0,0119	0,0115	0,0114	0,0114	0,0117
Cr	0,0829	0,0921	0,0889	0,0870	0,0896
Mo	0,0016	0,0020	0,0017	0,0019	0,0026
Cu	0,0298	0,0231	0,0213	0,5283	1,1144
Ti	0,0307	0,0360	0,0349	0,0333	0,0356
Sn	0,0083	0,0090	0,0887	0,0086	0,0088
Al	0,0129	0,0119	0,0114	0,0121	0,0130
Nb	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0011
V	0,0034	0,0045	0,0041	0,0040	0,0048
Co	0,0030	0,0030	0,0029	0,0031	0,0034
Ca	0,0353	0,0337	0,0322	0,0282	0,0344
Zn	0,0010	0,0007	0,0005	0,0011	0,0018
Fe	93,32	93,11	92,51	92,44	91,95

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen 1 *raw material* mengandung komposisi magnesium (Mg) sebesar 0,0296%, dan hasil penelitian dengan penambahan unsur pembulat grafit FeSiMg sebesar 50 gram, 100 gram, 150 gram dan 200 gram pada *raw material* FCD dengan sistem ladle terbuka berkapasitas 15 kg besi cor cair tiap variasinya menghasilkan prosentase magnesium (Mg) spesimen 2, 3, 4, dan 5 secara berturut-turut adalah 0,0307%, 0,0336%, 0,0343% dan 0,0351%. Kadar kandungan magnesium sebesar 0,0307%, 0,0336%, 0,0343%, dan 0,0351%, ini mencapai kadar kandungan magnesium (Mg) yang disyaratkan dalam besi cor nodular,

yaitu antara 0,02-0,08% Mg sesuai dengan persyaratan dari *Atomic Fluorescence Spectrometry (AFS)* 1992.

3.2 Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan metalografi terhadap spesimen 1 *raw material*, dan spesimen 2, 3, 4, 5 bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan magnesium (Mg) terhadap struktur mikro besi cor nodular. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui bentuk, ukuran, dan penyebaran matrik penyusunnya, dan dilakukan setelah proses etsa agar struktur mikro disekitar grafit menjadi lebih jelas. Hasil pengujian metalografi spesimen 1, 2, 3, 4 dan 5 dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 5. Hasil Foto Struktur Mikro Besi Cor Nodular

Hasil uji struktur mikro pada gambar 5 memperlihatkan dengan jelas adanya fasa-fasa dalam besi tuang nodular yaitu grafit, ferit, dan perlite. Bentuk grafit bulat berwarna hitam terlihat dikelilingi oleh fasa ferit yang berwarna terang dalam matrik perlite yang

berbentuk lamel-lamel berwarna selang seling terang gelap. Pengambilan foto spesimen menggunakan alat uji struktur mikro *Olympus PME* dengan perbesaran total $100\times$. Pada jarak 10 strip foto untuk perbesaran $100\times$ adalah $100\text{ }\mu\text{m}$.

Struktur mikro hasil pengecoran besi cor bergrafit bulat dengan penambahan FeSiMg sebesar 50 gram pada spesimen 2 dalam ladle berkapasitas 15 kg memiliki ukuran butir grafit yang lebih kecil dan tingkat kebulatan yang lebih halus dengan prosentase magnesium (Mg) sebesar 0,0307% dibandingkan dengan struktur mikro spesimen 1 *raw material* FCD dengan prosentase kandungan magnesium sebesar 0,0296%.

Bentuk struktur mikro pada spesimen 3 dengan kadar kandungan magnesium 0,0336% memiliki ukuran grafit yang cenderung tidak stabil mirip dengan spesimen 4 dengan kadar magnesium 0,0343% dimana matrik struktur yang berada di sekitar grafit bulat mempunyai matrik berbentuk perlit dengan orientasi sembarang, pada spesimen 4 terlihat grafit yang bentuknya tidak bulat penuh hal ini bisa disebabkan karena proses pencampuran FeSiMg yang kurang merata.

Selanjutnya pada spesimen 5 dengan penambahan 200 gram FeSiMg diperoleh grafit bulat penuh, tampak distribusi grafit bulat yang seragam, dengan ukuran grafit yang lebih kecil dibanding spesimen 1 dan spesimen 2.

Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak paduan FeSiMg yang ditambahkan dalam pembuatan besi cor sehingga bertambahnya prosentase kandungan magnesium (Mg) maka bentuk grafit bulat yang dihasilkan cenderung mengecil dan seragam. Bentuk grafit ini menunjukkan bahwa telah cukup unsur magnesium (Mg) yang terkandung di dalam paduan besi cor, hal tersebut dapat dilihat pada hasil pengujian struktur mikro pada masing-masing spesimen. Selain itu dapat dilihat pula bahwa perlit akan meningkat dan ferit akan berkurang dengan bertambahnya prosentase magnesium (Mg).

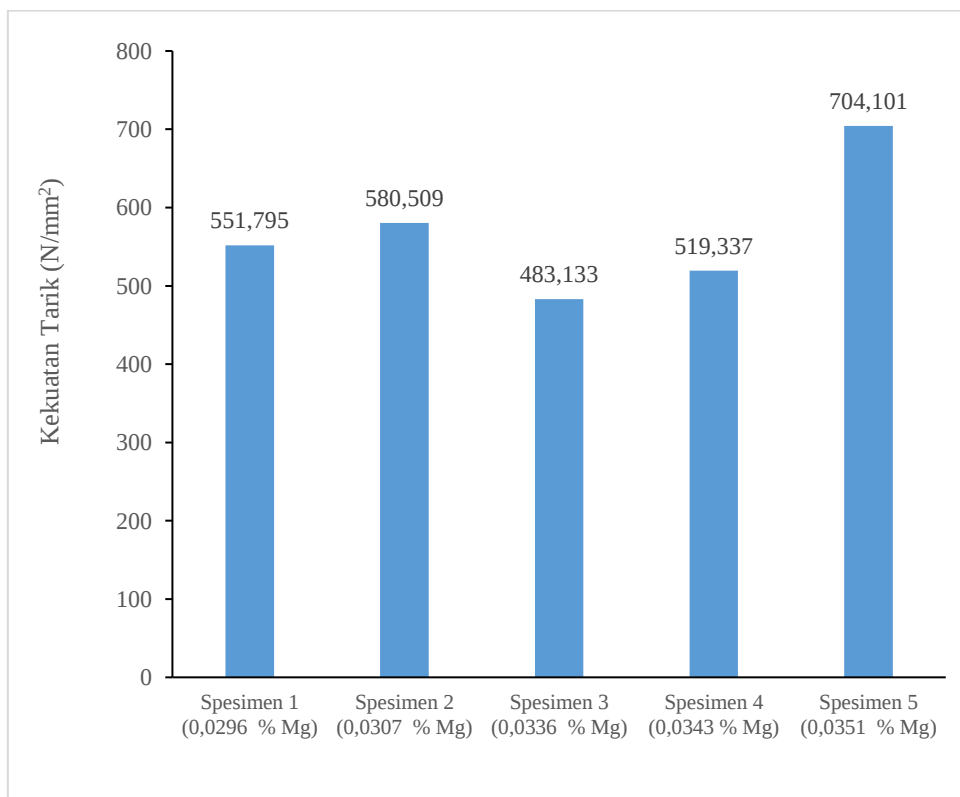
3.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material seperti Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas, dan Kekuatan luluh dari besi cor nodular. Pada pengujian ini, spesimen yang digunakan adalah besi cor nodular dengan variasi Mg sebesar 0,0296%, 0,0307%, 0,0336%, 0,0343%, dan 0,0351 % dengan bentuk silinder sesuai dengan standart ASTM E8M dan menggunakan alat uji tarik *Hydrolic Servopulser*. Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada tabel 2.

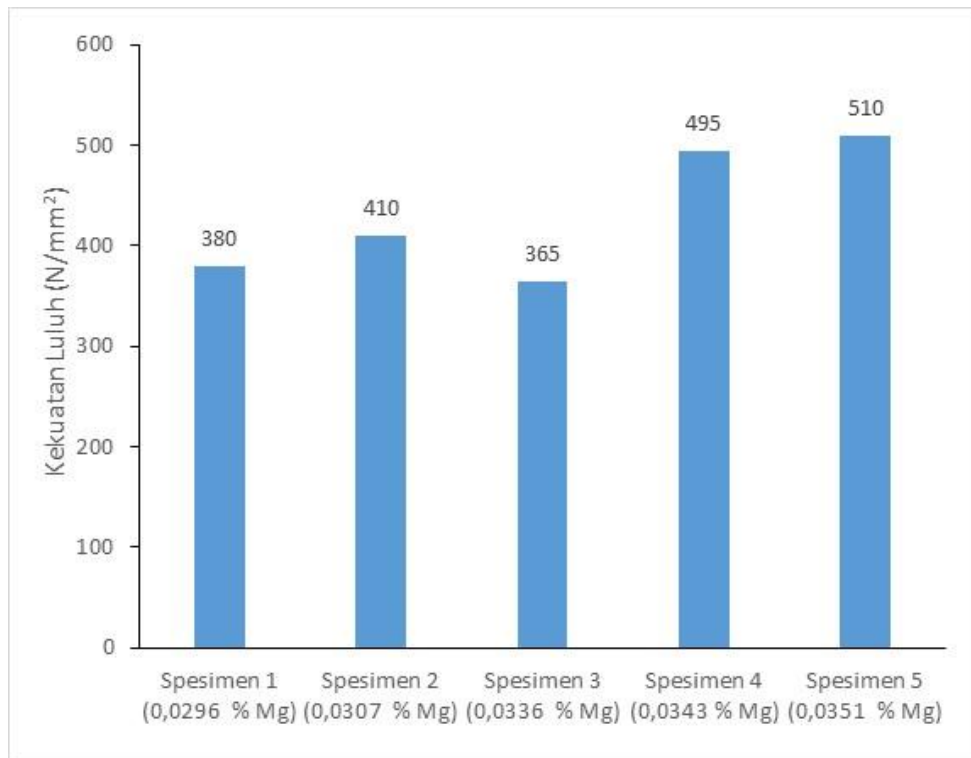
Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik

Data	Kekuatan Tarik (σ_u) (N/mm ²)	Kekuatan Luluh (σ_{yield}) (N/mm ²)	Modulus Elastisitas (E) (N/mm ²)
Spesimen 1 (0,0296% Mg)	551,795	380	4837,859
Spesimen 2 (0,0307% Mg)	580,509	410	8490,402
Spesimen 3 (0,0336% Mg)	483,133	365	6785,196
Spesimen 4 (0,0343% Mg)	519,337	495	4276,205
Spesimen 5 (0,0351% Mg)	704,101	530	9358,310

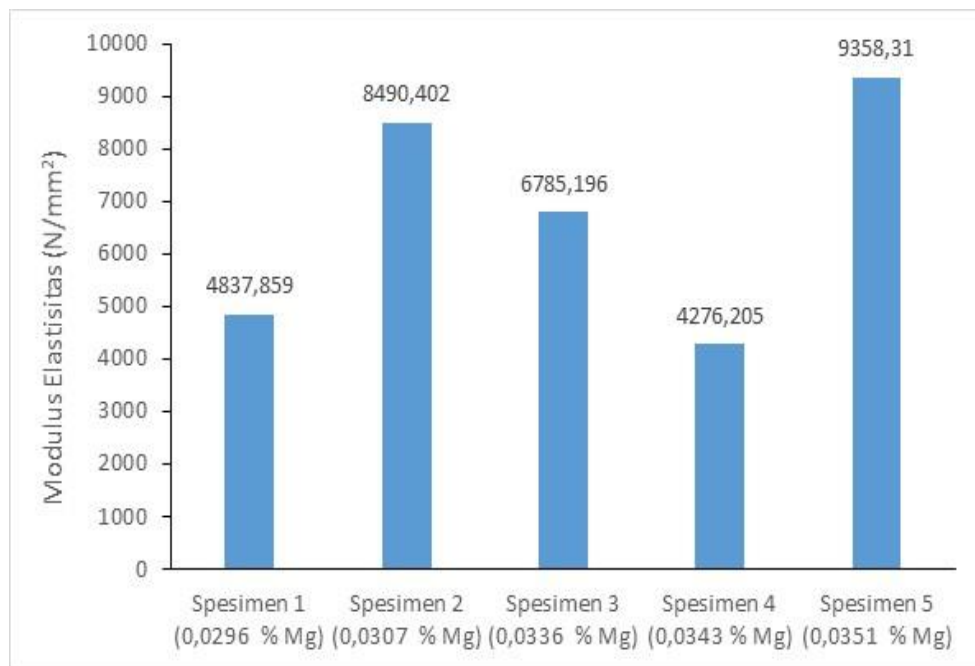
Dari tabel 2, nilai kekuatan (Kekuatan Tarik dan Kekuatan Luluh), serta nilai kekakuan (Modulus Elastisitas) dari ke 5 spesimen ditunjukkan pada gambar 5, gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 5. Histogram Kekuatan Tarik (σ_u)



Gambar 6. Histogram Kekuatan Luluh (σ_{yield})



Gambar 7. Histogram Modulus Elastisitas (E)

Variasi kandungan magnesium (Mg) dalam besi cor dari 0,0296%; 0,0307%; 0,0336%; 0,0343% dan 0,0351% dapat mempengaruhi nilai Kekuatan Tarik, Kekuatan luluh, dan Modulus Elastisitas, dimana harganya cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena pada pengujian struktur mikro terlihat bentuk dan ukuran grafit yang cenderung mengecil dan seragam.

Pada spesimen 2 ukuran butir grafit lebih kecil dengan rentang jarak antar grafit yang kurang rapat dan dikelilingi oleh ferit yang lebih lebar jika dibandingkan dengan spesimen 1. Spesimen 2 juga memiliki luasan perlit yang lebih dominan jika dibandingkan spesimen 1, dimana grafit memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan ferit, dan perlit memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding ferit dan grafit ($\text{kekuatan grafit} < \text{ferit} < \text{perlit}$), sehingga nilai kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan modulus elastisitas pada spesimen 2 lebih besar dibanding spesimen 1.

Pada spesimen 3 dan 4, ukuran grafit yang cenderung tidak stabil dengan dikelilingi oleh ferit yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan spesimen 1 dan 2 sehingga matrik perlit lebih mendominasi bahkan spesimen 4 memiliki beberapa butir grafit yang bentuknya tidak bulat penuh nilai kekuatan tarik, kekuatan luluh mengalami penurunan karena pada proses pengujian spesimen tidak putus tepat dititik uji yaitu tepat di tengah melainkan pada sisi pegangan spesimen, dapat dilihat pada gambar 8.



(a) (b)
Gambar 8. (a). Spesimen 3 dan (b) Spesimen 4

Nilai kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan modulus elastisitas terbesar terjadi pada spesimen 5, walaupun ukuran butir grafit seragam tetapi memiliki ukuran yang kecil dan jarak antar grafit yang terlalu jauh dan dikelilingi oleh ferit yang sedikit sehingga luasan perlit sangat besar. Hal tersebut yang membuat kekuatan spesimen 5 lebih besar dibanding spesimen 4,3,2, dan 1.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan hasil pembahasan tentang Pengaruh Variasi Kandungan Magnesium (Mg) Dalam Proses Pembuatan Besi Cor Nodular Terhadap Kekuatan Dan Kekakuan Tarik maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak kandungan magnesium pada besi cor nodular maka menghasilkan bentuk grafit bulat dengan ukuran cenderung mengecil dan seragam, perlit semakin banyak dan ferit semakin sedikit.
2. Hasil uji tarik menggunakan alat uji Tarik *Hydrolic Servopulser* dengan ASTM E8M pada spesimen 1 *raw material* FCD dan spesimen 2, 3, 4, 5 hasil variasi kandungan unsur magnesium menghasilkan nilai Kekuatan (*Strength*) dan Kekakuan (*Stiffness*) yang cenderung meningkat.

4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini, antara lain:

1. Pemilihan temperatur merupakan faktor yang dapat mempengaruhi dalam proses pembuatan besi cor nodular, oleh karena itu diharapkan ada penelitian selanjutnya tentang pengaruh faktor tersebut.
2. Pada penelitian selanjutnya, perlu diperhatikan lagi dalam metode pencampuran FeSiMg, supaya lebih merata sehingga grafit yang dihasilkan bulat dan seragam pada setiap spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulah, Dendi. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. <https://indonesia-mekanikal.blogspot.com/2008/03/teknik-pengecoran-logam.html>. Diakses 20 Agustus 2018.
- Awal, Muhammmad. 2014. *Jenis Besi Cor dan Kandungannya*. <https://www.slideshare.net/muhamadawal/jenis-besi-cor-dan-kandungan-nya>. Diakses 27 Agustus 2018.
- Basuki, Arif., Rochim Suratman., dan Tata surdia. 1986. *Pembuatan besi cor nodular dan metode optimasinya*. vol 5, No 1 dan 2. Bandung: ITB.
- Beeley, P., 2001. *Foundry Technology Second Edition*. London: Butterworth Heinemann.
- Budenski, K. Michael. 1999. *Journal of Materials*. The Institute of Materials.
- Callister, Jr., dan William D. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction*. 8th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Cholis, Setiawan Noor. 2013. *Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Alumunium*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hendro, S., 2010. *Besi Tuang*. <https://teknikmesinindustri.wordpress.com/2010/05/26/besi-tuang/>. Diakses 27 Agustus 2018.

- Jufri, Moh. 2005. *Analisi Penambahan Magnesium dan Cerium Sebagai Pembulat Grafit Bei Tuang Nodular*, Vol 1 No 1: hal 23-33. Malang. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Setyo, A.N., dan Sri Widodo. 2008. *Pengaruh Pusaran Pada Proses Nodularisasi Besi Cor Bergrafit Bulat Terhadap Kekuatan Tarik*. Volume 29, No. 1, (hlm. 71-85).
- Siswanto, Rudi. 2014. *Analisis Pengaruh Temperatur dan Waktu Peleburan Terhadap Komposisi Al dan Mg Menggunakan Metode Pengecoran Tuang*. Proceedings Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti (SNTMUT-2014), Jakarta, ISBN: 978-602-70012-0-6, MET06-6.
- Slamet, Sugeng dan Taufiq Hidayat. 2010. *Pengaruh Model Saluran Tuang Pada Cetakan Pasir Terhadap Hasil Cor Logam*. Kudus: Universitas Muria Kudus.
- Stefanescu, D. M. 1992. *Theory of Solidification and Graphite Growth in Ductile Iron*. In: Ductile Iron Handbook, American Foundrymen's Society.
- Surdia, Tata., dan Chijiwa, Kenji. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata., dan Chijiwa, Kenji. 1991. *Teknik Pengecoran Logam Cetakan ke-6*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata., dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata., dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surojo, Eko., dkk. 2013. *Studi Pengaruh Struktur Mikro Terhadap Ketahanan Aus Besi Cor*. Simposium Nasional Rapi Xii - 2013 FT UMS. Issn 1412-9612. Solo. UMS.
- Syahroni, Andhy. 2015. *Besi Dan Baja*.
<https://slideplayer.info/slide/3994086/>. Diakses 27 Agustus 2018.
- Tjitro, S., dan Gunawan, H. 2003. *Analisa Pengaruh Bentuk Penampang Riser Terhadap Cacat Porositas*. Jurnal Teknik Mesin, 5 (1): 1-4.